

Distorsi Harmonisa Beban Non Linier Rumah Tangga dan Perhitungan Filter Pasif untuk Mengurangi Tingkat Distorsi Harmonisa

Dyan Kurnia Pratama¹, Slamet Suropto², Agus Jamal³, Rama Okta Wiyagi⁴

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Geblagan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183

Email : diansgr97@gmail.com

INTISARI

Peralatan rumah tangga saat ini didominasi oleh penggunaan peralatan elektronika atau peralatan dengan komponen-komponen semikonduktor, sehingga disebut sebagai jenis beban non linier. Beberapa contoh pemanfaatan beban non linier dalam kehidupan sehari-hari adalah Komputer, Lampu Hemat energi, Lampu LED, TV LED, dan TV tabung. Penggunaan jenis beban non linier dapat menimbulkan harmonisa pada sistem tenaga listrik. Besarnya nilai *Total Harmonic Distortion* (THD) dan *Individual Harmonic Distortion* (IHD) dari setiap peralatan memiliki nilai yang berbeda-beda, bergantung pada komponen semikonduktor yang digunakan pada masing-masing peralatan tersebut. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui jika setiap peralatan rumah tangga menghasilkan nilai harmonisa tertinggi pada orde ke-3. Cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak negatif adanya harmonisa adalah dengan melakukan pemasangan filter pasif *single tuned*.

Kata Kunci : Harmonisa, Total Harmonic Distortion (THD), Individual Harmonic Distortion (IHD), Filter Pasif Single Tuned, Peralatan Rumah Tangga, Komponen Semikonduktor.

I. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan zaman, maka semakin banyak juga perkembangan berbagai macam peralatan listrik. Salah satu perkembangannya adalah munculnya berbagai macam peralatan listrik yang tergolong ke dalam jenis beban-beban non-linier. Beban non-linier merupakan peralatan elektronik yang didalamnya terdapat komponen semi konduktor, dan dapat menimbulkan distorsi pada gelombang arus dan tegangan, atau yang biasa dikenal dengan distorsi harmonisa. Beberapa peralatan listrik yang tergolong ke dalam beban non-linier adalah *electronics ballast*, lampu hemat energi, lampu LED, komputer, alat ukur, *air conditioner* (AC), TV LED, dan penerangan gedung pada umumnya.

Beban non-linier mempengaruhi karakteristik dari tegangan dan arus, sehingga bentuk gelombangnya berubah menjadi tidak sinusoidal. Gelombang non-sinusoidal merupakan gelombang yang tersusun dari arus

fundamental dan arus harmonisa. Bentuk gelombang non-sinusoidal yang diakibatkan dari beban non-linier tidak menentu, atau dapat berubah sesuai dengan pengaturan yang dilakukan pada beban non-linier itu sendiri.

II. Landasan Teori

2.1. Jenis Beban Listrik

a. Beban Linier

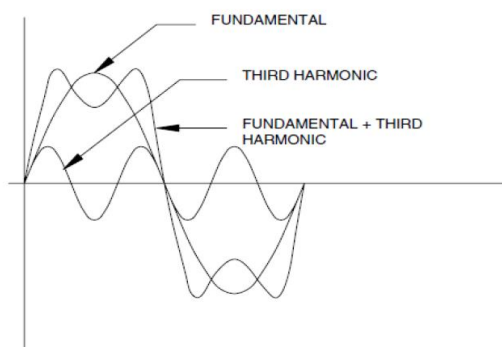
Beban linier adalah beban yang tidak mempengaruhi karakteristik tegangan dan arus, karena nilai impedansinya selalu konstan. Beban linier menghasilkan bentuk gelombang yang linier, dimana arus yang mengalir sebanding dengan tahanan dan perubahan tegangan, sehingga bentuk gelombang arus akan mengikuti bentuk gelombang tegangan yang ditimbulkannya (Arfinna, 2014).

b. Beban Non-Linier

Beban non-linier adalah beban yang mempengaruhi karakteristik tegangan dan arus, karena nilai impedansi dari beban non-linier tidak konstan. Beban non-linier menghasilkan gelombang yang bentuknya berubah menjadi gelombang cacat (terdistorsi), karena bentuk gelombang arus tidak berbanding lurus dengan bentuk gelombang tegangan yang diberikan. Penyebabnya adalah penggunaan komponen semikonduktor, seperti dioda, transistor, dan IC (*Integrated Circuit*) pada peralatan-peralatan yang tergolong ke dalam beban non-linier.

2.2. Harmonisa

Harmonisa merupakan cara matematis untuk mendeskripsikan distorsi gelombang tegangan atau gelombang arus (Walcott, 2015). Harmonisa merujuk pada bentuk gelombang yang memiliki nilai kelipatan bilangan bulat dari frekuensi *fundamental*. Sistem tenaga listrik umumnya beroperasi pada frekuensi 50 Hz atau 60 Hz, yang disebut sebagai frekuensi *fundamental*. Akibat dari perkembangan beban-beban listrik, terutama pada beban yang tergolong ke dalam beban non-linier, hal ini menyebabkan perubahan pada bentuk gelombang sinusoidalnya, menjadi kelipatan dari 50 Hz atau 60 Hz.



Gambar 1 Bentuk Gelombang Harmonisa

Terdapat tiga macam urutan harmonisa, yaitu:

- Urutan fasa positif, dengan urutan fasa R-S-T yang antar fasanya terpisah 120° (misalnya $0^\circ, -120^\circ, 120^\circ$).

Orde harmonisanya adalah $h = 1, 7, 13, \dots$

- Urutan fasa negatif, dengan urutan fasa yang antar fasanya terpisah 120° , tetapi memiliki urutan fasa yang berlawanan, yaitu R-T-S (misalnya $0^\circ, -120^\circ, 120^\circ$).

Orde harmonisanya adalah $h = 5, 11, 17, \dots$

- Urutan nol, yang memiliki beda fasa sama dengan nol (satu fasa).

Orde harmonisanya adalah $h = 3, 9, 15, \dots$

a. Orde Harmonisa

$$n = \frac{f_n}{f}$$

keterangan:

n = Orde Harmonisa

f_n = Frekuensi Harmonisa ke- n

f = Frekuensi *Fundamental*/Dasar

b. Individual Harmonic Distortion (IHD)

Individual Harmonic Distortion (IHD) merupakan perbandingan antara nilai *root mean square* dari harmonisa individual dengan nilai *root mean square* fundamental. Nilai IHD dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{IHD}_V = \frac{V_n}{V_1} \times 100\%$$

$$\text{IHD}_I = \frac{I_n}{I_1} \times 100\%$$

keterangan:

IHD = *Individual Harmonic Distortion* (%)

$V_n : I_n$ = Harmonisa Orde ke- n

$V_1 : I_1$ = *Fundamental*

c. Total Harmonic Distortion (THD)

Total Harmonic Distortion (THD) merupakan perbandingan antara nilai *root mean square* dari seluruh harmonisa dengan nilai *root mean square fundamental*. Nilai

THD digunakan untuk mengukur besarnya penyimpangan harmonisa terhadap gelombang fundamentalnya. Gelombang sinusoidal sempurna, memiliki nilai THD 0%, sedangkan untuk nilai THD gelombang yang mengalami distorsi harmonisa digunakan persamaan:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \times 100\%$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100\%$$

keterangan:

THD = Total Harmonic Distortion (%)

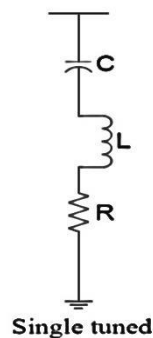
$V_n : I_n$ = Harmonisa Orde ke-n

$V_1 : I_1$ = Fundamental

n = Komponen Harmonisa Maksimum yang Diamati

2.3. Reduksi Harmonisa

Salah satu cara yang digunakan untuk mengurangi nilai harmonisa adalah dengan cara melakukan penambahan filter. Pemasangan filter digunakan untuk memisahkan sinyal berdasarkan frekuensinya. Filter akan melewatkan listrik dengan frekuensi tertentu, sehingga akan menghilangkan frekuensi dengan nilai yang berbeda. Jenis filter pasif yang umum digunakan adalah *single tuned filter*.



Gambar 2 Macam-Macam Filter Pasif

Filter jenis ini biasa digunakan pada tegangan rendah. Perancangan *single tuned filter* harus memperhatikan orde harmonisa dimana terdapat nilai harmonisa yang paling tinggi. Nilai filter ini dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

a. Spesifikasi Resistor

$$R = \frac{V}{I_h}$$

$$P = V \times I_h$$

R = Resistansi Resistor (Ω)

V = Tegangan (V)

I_h = Arus Harmonisa (A)

P = Kapasitas Daya Resistor (W)

b. Nilai Q Faktor

$$X_L = X_C = X_n$$

$$Q = \frac{X_n}{R}$$

$$X_n = Q \times R$$

X_L = Reaktansi Induktif (Ω)

X_C = Reaktansi kapasitif (Ω)

Q = Faktor Kualitas Filter, dimana nilai Q antara 30-100

R = Resistansi Resistor (Ω)

c. Spesifikasi Induktor

$$X_L = 2\pi fL$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

L = Induktansi (H)

X_L = Reaktansi Induktif (Ω)

f = Frekuensi Harmonisa (Hz)

d. Spesifikasi Kapasitor

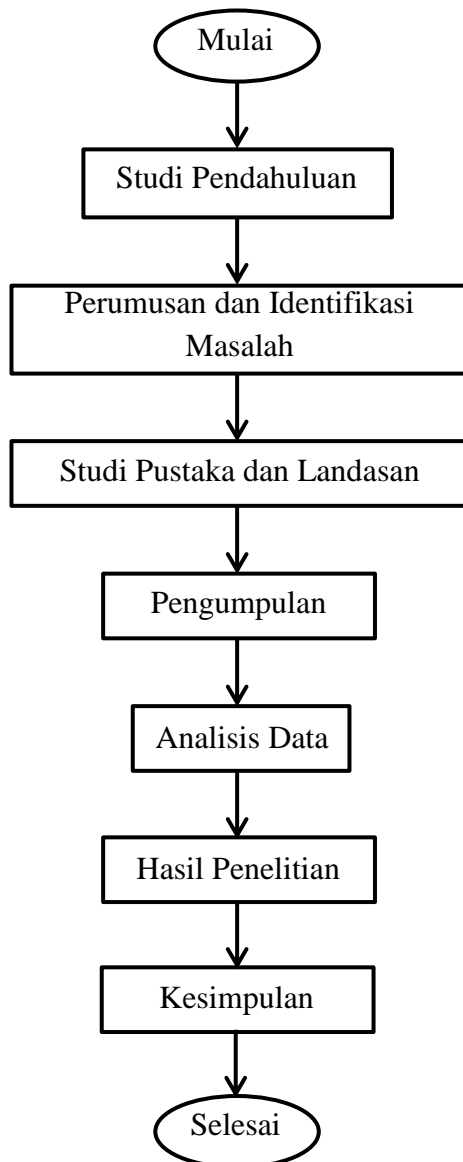
$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$C = \frac{1}{2\pi fX_C}$$

- C = Kapasitansi (F)
- X_C = Reaktansi Induktif (Ω)
- f = Frekuensi Harmonisa (Hz)

III. Metode Penelitian

Pengukuran atau pengambilan data dilakukan dengan pengukuran dilakukan dengan alat *Power Quality Analyzer* METREL MI 2892. Secara umum, metode penelitian yang digunakan, ditunjukkan pada *flowchart* berikut:



IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengukuran

Tabel 1 Nilai THD_I Komputer *All in One*

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
77,87	36,64	78,30	36,53

Tabel 2 Nilai IHD_I Komputer *All in One*

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	57,17	27,17	58,20	27,09
h9	27,15	12,78	27,28	12,73
h15	7,44	3,47	7,49	3,47
h21	4,26	2,02	4,27	2,01
h27	2,25	1,05	2,25	1,05
h33	3,14	1,49	3,15	1,48
h39	3,09	1,46	3,10	1,45
h45	1,91	0,90	1,91	0,89

Tabel 3 Nilai THD_I CPU Komputer

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
287,26	175,79	287,60	175,91

Tabel 4 Nilai IHD_I CPU Komputer

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	156,95	95,29	157,09	95,30
h9	96,58	59,31	96,87	59,48
h15	38,56	24,13	38,59	24,14
h21	14,08	8,46	14,08	8,45
h27	6,00	3,75	6,01	3,76
h33	1,50	0,96	1,50	0,96
h39	1,34	0,88	1,34	0,89
h45	1,13	0,71	1,14	0,71

Tabel 5 Nilai THD_I Charger Laptop

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
168,66	157,30	167,86	157,33

Tabel 6 Nilai IHD_I Charger Laptop

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	101,31	93,86	100,71	93,77
h9	41,53	39,20	41,39	39,26
h15	30,75	28,62	30,63	28,65
h21	19,25	18,35	19,17	18,36
h27	13,80	13,13	13,75	13,15
h33	9,03	8,37	9,00	8,38
h39	6,89	6,58	6,86	6,58
h45	5,40	5,00	5,37	5,00

Tabel 7 Nilai THD_I Lampu Hemat Energi Merk A 8 W

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
34,33	80,41	34,20	80,97

Tabel 8 Nilai IHD_I Lampu Hemat Energi Merk A 8 W

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	24,73	57,91	24,63	58,30
h9	5,85	13,71	5,81	13,75
h15	5,86	13,73	5,85	13,85
h21	3,89	9,11	3,87	9,17
h27	2,47	5,78	2,46	5,82
h33	1,98	4,65	1,98	4,68
h39	1,72	4,04	1,72	4,07
h45	1,37	3,21	1,37	3,24

Tabel 9 Nilai THD_I Lampu Hemat Energi Merk B 8 W

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
39,57	101,54	39,72	100,80

Tabel 10 Nilai IHD_I Lampu Hemat Energi Merk B 8 W

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	28,91	74,19	29,05	73,72
h9	9,50	24,37	9,57	24,29
h15	4,59	11,78	4,59	11,64
h21	4,48	11,50	4,51	11,45
h27	3,02	7,75	3,02	7,65
h33	2,07	5,31	2,08	5,27
h39	2,24	5,76	2,24	5,69
h45	1,57	4,04	1,58	4,01

Tabel 11 Nilai THD_I Lampu Hemat Energi Merk C 8 W

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
30,81	80,03	30,72	76,82

Tabel 12 Nilai IHD_I Lampu Hemat Energi Merk C 8 W

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	23,44	60,69	23,25	58,15
h9	5,72	14,83	5,71	14,29
h15	2,61	6,76	2,70	6,75
h21	2,21	5,72	2,18	5,44
h27	1,64	4,26	1,63	4,07
h33	1,13	2,93	1,13	2,84
h39	1,17	3,04	1,17	2,92
h45	0,98	2,54	0,97	2,44

Tabel 13 Nilai THD_I Lampu Hemat Energi Merk C 11 W

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
44,24	80,62	43,99	78,55

Tabel 14 Nilai IHD_I Lampu Hemat Energi Merk C 11 W

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	33,66	61,34	33,44	59,70
h9	8,48	15,46	8,47	15,13
h15	3,48	6,34	3,56	6,36
h21	3,12	5,69	3,09	5,52
h27	2,07	3,77	2,05	3,66
h33	1,45	2,64	1,45	2,59
h39	1,61	2,93	1,60	2,86
h45	1,37	2,49	1,36	2,43

Tabel 15 Nilai THD_I Lampu Hemat Energi Merk C 14 W

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
50,97	73,00	50,61	71,39

Tabel 16 Nilai IHD_I Lampu Hemat Energi Merk C 14 W

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	37,50	53,71	36,99	52,17
h9	3,29	4,71	3,10	4,38
h15	9,37	13,42	9,44	13,31
h21	5,31	7,61	5,26	7,42
h27	4,77	6,83	4,78	6,75
h33	3,70	5,30	3,70	5,22
h39	2,36	3,38	2,35	3,31
h45	2,27	3,25	2,26	3,19

Tabel 17 Nilai THD_I Lampu LED Merk D 7 Watt

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
41,50	114,48	41,34	110,62

Tabel 18 Nilai IHD_I Lampu LED Merk D 7 Watt

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	26,45	72,93	26,30	70,36
h9	14,02	38,67	14,12	37,78
h15	5,93	16,37	5,87	15,71
h21	3,20	8,84	3,18	8,50
h27	3,13	8,63	3,12	8,35
h33	2,36	6,52	2,36	6,32
h39	1,63	4,49	1,63	4,35
h45	1,39	3,83	1,39	3,71

Tabel 19 Nilai THD_I Lampu LED Merk X 7 Watt

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
12,20	4,81	4,78	4,54

Tabel 20 Nilai IHD_I Lampu LED Merk X 7 Watt

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	8,37	3,95	4,07	3,86
h9	3,31	1,56	1,38	1,31
h15	1,20	0,57	0,44	0,42
h21	0,37	0,18	0,12	0,11
h27	0,19	0,09	0,06	0,06
h33	0,03	0,06	0,03	0,03
h39	0,04	0,02	0,02	0,02
h45	0,03	0,02	0,02	0,02

Tabel 21 Nilai THD_I Lampu LED Merk C 6,5 Watt

<i>THD_I</i>			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
40,23	121,90	40,11	117,89

Tabel 22 Nilai IHD_I Lampu LED Merk C 6,5 Watt

n	<i>IHD_I</i>			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	24,70	74,81	24,60	72,30
h9	14,23	43,11	14,38	42,26
h15	7,09	21,47	7,13	20,94
h21	3,23	9,78	3,19	9,39
h27	2,34	7,09	2,32	6,82
h33	1,76	5,34	1,75	5,15
h39	1,03	3,13	1,03	3,02
h45	0,60	1,81	0,59	1,74

Tabel 23 Nilai THD_I Lampu LED Merk C 3 Watt

<i>THD_I</i>			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
19,19	131,54	19,15	119,36

Tabel 24 Nilai IHD_I Lampu LED Merk C 3 Watt

n	<i>IHD_I</i>			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	10,99	75,31	10,99	68,50
h9	6,38	43,71	6,56	40,88
h15	3,96	27,17	4,05	25,22
h21	2,40	16,47	2,42	15,11
h27	1,63	11,16	1,64	10,21
h33	1,12	7,69	1,12	7,01
h39	0,85	5,85	0,85	5,31
h45	0,68	4,68	0,68	4,25

Tabel 25 Nilai THD_I Lampu LED Merk C 10,5 Watt

<i>THD_I</i>			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
63,41	117,83	63,58	118,39

Tabel 26 Nilai IHD_I Lampu LED Merk C 10,5 Watt

n	<i>IHD_I</i>			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	43,23	80,31	43,37	80,74
h9	18,94	35,19	18,95	35,29
h15	3,97	7,37	3,97	7,40
h21	4,18	7,76	4,16	7,75
h27	3,60	6,69	3,60	6,71
h33	2,19	4,07	2,19	4,08
h39	1,79	3,32	1,79	3,34
h45	1,67	3,10	1,67	3,12

Tabel 27 Nilai THD_I TV LED Merk E 14 inch

<i>THD_I</i>			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
91,42	142,04	91,28	141,85

Tabel 28 Nilai IHD_I TV LED Merk E 14 inch

n	<i>IHD_I</i>			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	60,22	93,51	60,11	93,36
h9	23,81	37,00	23,78	36,96
h15	5,28	8,20	5,29	8,21
h21	3,35	5,21	3,34	5,19
h27	3,16	4,91	3,16	4,90
h33	0,66	1,02	0,66	1,02
h39	1,60	2,49	1,60	2,48
h45	0,63	0,98	0,63	0,98

Tabel 29 Nilai THD_I TV LED Merk E 21 inch

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
80,31	151,48	80,24	151,98

Tabel 30 Nilai IHD_I TV LED Merk E 21 inch

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	49,51	93,29	49,52	93,69
h9	24,05	45,40	24,03	45,54
h15	1,50	2,83	1,49	2,82
h21	6,19	11,68	6,17	11,69
h27	1,17	2,21	1,18	2,23
h33	3,47	6,55	3,46	6,55
h39	0,60	1,14	0,60	1,14
h45	2,05	3,87	2,04	3,88

Tabel 31 Nilai THD_I TV LED Merk F 21 inch

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
141,20	124,84	140,91	125,58

Tabel 32 Nilai IHD_I TV LED Merk F 21 inch

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	102,74	90,80	102,49	91,29
h9	21,27	18,82	21,25	18,95
h15	14,74	13,03	14,72	13,12
h21	4,73	4,18	4,72	4,21
h27	3,57	3,16	3,57	3,19
h33	4,35	3,84	4,35	3,87
h39	2,93	2,59	2,93	2,61
h45	1,54	1,36	1,54	1,37

Tabel 33 Nilai THD_I TV Tabung Merk G 14 inch

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
290,80	104,71	289,53	105,04

Tabel 34 Nilai IHD_I TV Tabung Merk G 14 inch

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	229,30	82,35	228,25	82,60
h9	16,15	5,88	16,12	5,92
h15	18,42	6,72	18,35	6,74
h21	18,37	6,63	18,30	6,66
h27	13,56	4,87	13,51	4,89
h33	6,85	2,46	6,83	2,47
h39	3,20	1,17	3,19	1,17
h45	4,81	1,75	4,79	1,76

Tabel 35 Nilai THD_I TV Tabung Merk H 21 inch

THD_I			
Fasa		Netral	
mA	(%)	mA	(%)
368,97	113,55	366,39	114,12

Tabel 36 Nilai IHD_I TV Tabung Merk H 21 inch

n	IHD_I			
	Fasa		Netral	
	mA	Persen	mA	Persen
h3	277,77	85,37	275,76	85,78
h9	34,09	10,57	33,88	10,63
h15	38,30	11,81	38,05	11,87
h21	17,14	5,27	17,02	5,30
h27	2,64	0,82	2,62	0,83
h33	8,08	2,50	8,02	2,51
h39	7,05	2,17	7,00	2,18
h45	3,38	1,04	3,35	1,04

Berdasarkan data hasil pengukuran pada setiap peralatan, maka diketahui jenis peralatan

yang menghasilkan nilai IHD_1 orde ke-3 yang paling tinggi dan yang paling rendah. Urutan peralatan rumah tangga yang menghasilkan nilai IHD_1 orde ke-3 dari yang paling tinggi yaitu:

Tabel 37 Data Masing-masing Peralatan

Nama Peralatan	Daya Tertera (Watt)	Daya Terukur (Watt)	THD_1 (%)	IHD_1 h-3 (%)
CPU Komputer	-	32,22	175,79	95,29
Charger Laptop	25	22,13	157,30	93,86
TV LED Merk E 14 inch	20	14,41	142,04	93,51
TV LED Merk E 21 inch	-	11,8	151,48	93,29
TV LED Merk F 21 inch	26	22,87	124,84	90,8
TV Tabung Merk H 21 inch	80	69,11	113,55	85,37
TV Tabung Merk G 14 inch	60	57,98	104,71	82,35
Lampu LED Merk C	10,5	9,84	117,83	80,31
Lampu LED Merk C	3	2,76	131,54	75,31
Lampu LED Merk C	6,5	6,31	121,90	74,81
Lampu Hemat Energi Merk B	8	7,1	101,54	74,19
Lampu LED Merk D	7	6,75	114,48	72,93

Lampu Hemat Energi Merk C	11	10,08	80,62	61,34
Lampu Hemat Energi Merk C	8	7,02	80,03	60,69
Lampu Hemat Energi Merk A	8	7,76	80,41	57,51
Lampu Hemat Energi Merk C	14	12,62	73,00	53,71
Komputer All in One	-	40,2	36,64	27,17
Lampu LED Merk X	7	1,31	31,89	21,37

Data pada Tabel 37 menunjukkan jika CPU Komputer menghasilkan nilai IHD_1 orde ke-3 dan THD_1 yang paling tinggi, sedangkan Lampu LED Merk X 7 Watt memiliki nilai IHD_1 orde ke-3 dan THD_1 yang paling rendah. Namun setelah dilakukan pengukuran, diketahui jika terjadi perbedaan yang sangat jauh antara nilai daya yang tertera pada lampu dengan daya hasil pengukuran. Selain itu, cahaya yang dihasilkan oleh Lampu LED Merk X ini lebih redup, berbeda dengan Lampu LED Merk D yang memiliki kesamaan pada nilai daya yang tertera pada lampu, yaitu 7 Watt. Dari Tabel 4.73, diketahui juga bahwa perubahan nilai harmonisa pada setiap peralatan rumah tangga dipengaruhi oleh daya peralatan dan komponen-komponen semikonduktor yang digunakan dalam peralatan tersebut.

4.2. Nilai Filter Pasif *Single Tuned*

Berdasarkan data yang telah didapatkan setelah pengukuran nilai harmonisa pada peralatan-peralatan rumah tangga, maka dilakukan perhitungan spesifikasi dari filter pasif *single tuned* yang dapat mereduksi nilai *Individual Harmonic Distortion* (IHD₁) tertinggi, yaitu pada orde ke-3. Perhitungan spesifikasi filter *single tuned* adalah sebagai berikut:

a. Komputer All in One

- Spesifikasi Resistor

$$R = \frac{V}{I_{h3}}$$

Diketahui nilai arus harmonisa pada orde ke-3 adalah 57,17 mA, dan tegangan 220 V.

$$R = \frac{220}{0,05717}$$

$$R = 3848,17 \Omega$$

Untuk mengetahui nilai rating daya resistor, maka digunakan persamaan:

$$P = V \times I_{h3}$$

$$P = 220 \times 0,05717$$

$$P = 12,58 \text{ Watt}$$

- Nilai Q Faktor

Q Faktor memiliki nilai 30 – 100. Maka nilai Q faktor yang dipilih adalah 30.

$$X_L = X_C = X_n$$

$$Q = \frac{X_n}{R}$$

$$X_n = Q \times R$$

$$X_n = 30 \times 3848,17$$

$$X_n = 115.445,1 \Omega$$

- Spesifikasi Induktor

Frekuensi pada harmonisa orde ke-3 adalah 150 Hz. Tetapi, diberikan nilai toleransi agar filter dapat bekerja maksimal. Sehingga nilai frekuensinya menjadi 145 Hz.

$$X_L = 2\pi fL$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

$$L = \frac{115.445,1}{2 \times 3,14 \times 145}$$

$$L = 126,78 \text{ H}$$

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui nilai induktor yang digunakan adalah 126,78 H dan rating arusnya 57,17 mA.

- Spesifikasi Kapasitor

Frekuensi pada harmonisa orde ke-3 adalah 150 Hz. Tetapi, diberikan nilai toleransi agar filter dapat bekerja maksimal. Sehingga nilai frekuensinya menjadi 145 Hz.

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$C = \frac{1}{2\pi fX_C}$$

$$C = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 145 \times 115.445,1}$$

$$C = 9,51 \times 10^{-9} \text{ F}$$

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui nilai kapasitor yang digunakan adalah $9,51 \times 10^{-9}$ F dan rating tegangannya 220 V.

Tabel 38 Nilai Filter Pasif *Single Tuned* Masing-Masing Peralatan

Nama Peralatan	Nilai R (Ω)	Nilai L (Henry)	Nilai C (Farad)
Komputer <i>All in One</i>	3.848,17	126,78	$9,51 \times 10^{-9}$
CPU Komputer	1.401,72	46,18	$2,61 \times 10^{-8}$
<i>Charger Laptop</i>	2.171,55	71,54	$1,68 \times 10^{-8}$
Lampu Hemat Energi Merk A 8 Watt	8.896,08	293,08	$4,11 \times 10^{-9}$
Lampu Hemat Energi Merk B 8 Watt	7.609,82	250,71	$4,81 \times 10^{-9}$
Lampu Hemat Energi Merk C 8 Watt	9.385,66	309,21	$3,9 \times 10^{-9}$

Lampu Hemat Energi Merk C 11 Watt	6.535,95	215,33	$5,6 \times 10^{-9}$
Lampu Hemat Energi Merk C 14 Watt	5.866,67	193,28	$6,24 \times 10^{-9}$
Lampu LED Merk D 7 Watt	8.317,58	274,03	$4,4 \times 10^{-9}$
Lampu LED Merk X 7 Watt	13.325,26	439,004	$2,75 \times 10^{-9}$
Lampu LED Merk C 6,5 Watt	8.906,88	293,44	$4,11 \times 10^{-9}$
Lampu LED Merk C 3 Watt	20.018,19	659,51	$1,83 \times 10^{-9}$
Lampu LED Merk C 10,5 Watt	5.089,06	167,66	$7,19 \times 10^{-9}$
TV LED Merk E 14 inch	3.653,27	120,36	$1,002 \times 10^{-9}$
TV LED Merk E 21 inch	4.443,55	146,39	$8,24 \times 10^{-9}$
TV LED Merk F 21 inch	2.141,33	70,55	$1,71 \times 10^{-9}$
TV Tabung Merk G 14 inch	959,44	31,61	$3,82 \times 10^{-8}$
TV Tabung Merk H 21 inch	792,02	26,09	$4,62 \times 10^{-8}$

Data Tabel 38 menunjukkan bahwa nilai resistansi, induktansi, dan kapasitansi untuk filter pasif *single tuned* memiliki nilai yang berbeda-beda. Selain itu, diketahui juga jika nilai induktansi untuk semua jenis peralatan rumah tangga memiliki nilai yang sangat besar, hal ini diakibatkan karena nilai arus harmonisa orde ke-3 yang dihasilkan sangat kecil.

Filter pasif *single tuned* berfungsi untuk mengalirkan arus harmonisa orde ke-3 yang ditimbulkan dari peralatan rumah tangga, melewati jaringan filter. Dalam penerapannya, filter pasif *single tuned* terdiri dari resistor (R), induktor (L), dan kapasitor (C) yang disusun secara serial. Kemudian susunan filter

pasif *single tuned* tersebut akan dipasang secara paralel pada jaringan listrik peralatan rumah tangga.

V. Penutup

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Nilai harmonisa tertinggi berada pada orde ke-3, dengan urutan peralatan rumah tangga penghasil nilai harmonisa dari yang tertinggi adalah CPU Komputer, *Charger Laptop*, TV LED, TV Tabung, Lampu LED, Lampu Hemat Energi, dan Komputer *All in One*.
- Cara untuk mengurangi nilai harmonisa adalah dengan melakukan penambahan filter pasif *single tuned* yang didasarkan pada orde harmonisa dengan nilai tertinggi. Pemasangan filter pasif *single tuned* terdiri dari Resistor (R), Induktor (L), dan kapasitor (C) yang berfungsi mengalirkan arus harmonisa tertinggi ke jaringan filter.
- Masing-masing peralatan rumah tangga memiliki nilai arus yang kecil, sehingga nilai arus harmonisa orde ke-3 juga bernilai kecil. Hal ini mengakibatkan diperlukannya nilai induktansi yang sangat besar untuk pemasangan filter pasif *single tuned*.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan untuk melakukan pemasangan filter pasif *single tuned* untuk mereduksi nilai harmonisa tertinggi, dengan tujuan untuk mengurangi kerugian akibat adanya harmonisa. Pemasangan filter pasif *single tuned* sebaiknya dilakukan pada seluruh sistem kelistrikan, bukan pada masing-masing peralatan. Hal ini dikarenakan peralatan-peralatan rumah tangga memiliki nilai arus yang kecil, sehingga membutuhkan nilai induktansi

induktor sangat besar, yang tidak dijual di pasaran. Pemasangan filter pasif *single tuned* pada seluruh sistem kelistrikan diharapkan mampu mengurangi nilai harmonisa dengan nilai induktansi induktor yang dapat ditemukan di pasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Assaffat, L. (2010). Tingkat Distorsi Harmonisa pada Lampu Essensial yang Berbeda Merk. *Universitas Muhammadiyah Semarang*.
- Cahyani, A., Soeprpto, & Soemarwanto. (2014). Studi Analisa Pengaruh Harmonisa Beban Nonlinier Rumah Tangga Terhadap Hasil Penunjukkan kWh Meter Digital 1 Fasa. *Universitas Brawijaya*.
- Dermawan, E., F., M. A., & R., A. I. (2016). Analisa Pengaruh Harmonisa Terhadap Kabel NYA. *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*.
- Dugan, R. C., & McGranaghan, M. F. (2004). *Electrical Power System Quality*. McGraw-Hill.
- IEEE. (1993). *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power System*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Irman. (2013). Penurunan Konsumsi Daya (VA) Peralatan Listrik Rumah Tangga dengan Mereduksi Distorsi Harmonisa. *Elkha*.
- Kurniawan, I. (2012). Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Penyimpangan Pengukuran Energi Listrik pada kWh Meter Analog dan Digital. *Universitas Indonesia*.
- Lubis, A. R. (2017). Efektivitas Penggunaan Filter Pasif LC dalam Mengurangi Harmonik Arus. *Universitas Al Azhar Medan*.
- Mustamam. (2017). Penggunaan Passive Filter Single Tuned untuk Mereduksi Harmonisa pada Juicer. *Journal of Electrical Technology*.
- Mutiari. (2013). Analisa Pengukuran Harmonisa yang Ditimbulkan oleh Beban Non Linier. *Politeknik Negeri Sriwijaya*.
- Putra, U. S., Yuwono, S., & Kurniawan, E. (2017). Implementasi dan Perancangan Filter Harmonisa pada Sistem Penerangan Lampu Tubelamp (TL). *Universitas Telkom*.
- Sankaran, C. (2002). *Power Quality*. Washington, D. C.: CRC Press.
- Sugiarto, H. (2015). Mereduksi Harmonisa Arus dan Rugi Daya Akibat Beban Non Linier dengan Memanage Penggunaan Beban Listrik Rumah Tangga. *Elkha*.
- Wakileh, G. J. (2001). *Power Systems Harmonics*. New York: Springer.
- Walcott, W. (2015). *Power Quality and Harmonics*. MTE.
- Widhiatmaka, & Aman, M. (2012). Pengujian Harmonisa pada Lampu Hemat Energi (LHE) Menurut Standar IEC 61000-3-2 Kelas C, IEEE 512-1992, dan Power Factor PLN (Studi Kasus untuk LHE 5 Watt). *Puslitbangtek Ketenagalistrikan*.